

Der Weg zur Wasserstoffmobilität in Deutschland

Prof. Dr.-Ing. Tjark Siefkes
Direktor Institut für Fahrzeugkonzepte

19. Mai 2021
electrive.net



Wissen für Morgen



Das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)

- Raumfahrt
- Luftfahrt
- Verkehr
- Energie
- Digitalisierung
- Sicherheit

Mitarbeitende: ca. 10.000

Standorte: 30

Institute & Institutionen: 54



DLR Verkehrsforschung: Nachhaltige Sichere Mobilität

Migration:
Integrationsfähigkeit, Offenheit und Flexibilität

Schutz des
Klimas

Transformation

Sicherung der
Mobilität

Produktion
Betrieb
Wiederverwendung

Fahrzeugtechnologien

Konzipierung
Nutzung
Erweiterung

Mobilitäts- und
Logistikkonzepte

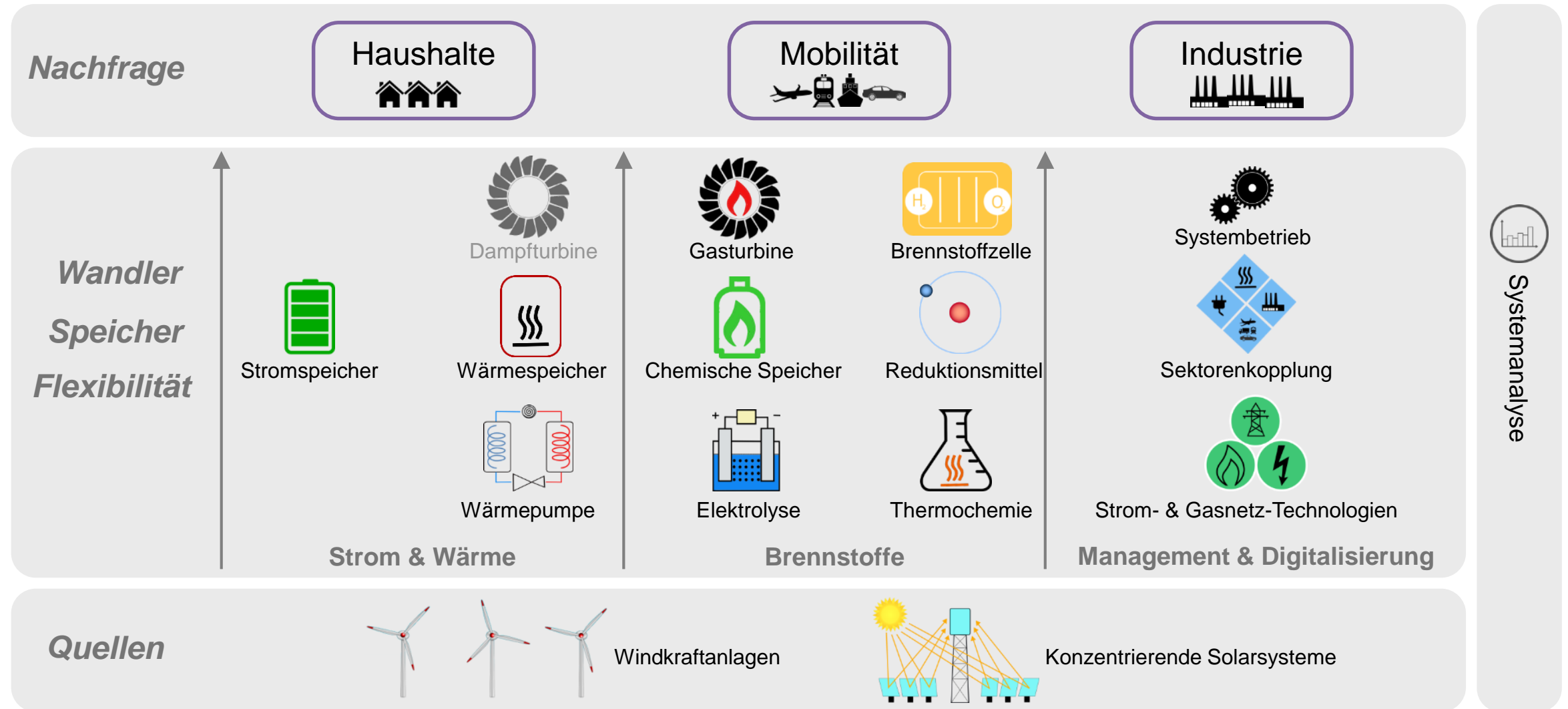
Analyse
Szenarienbildung
Prognose

Verkehrsmanagement

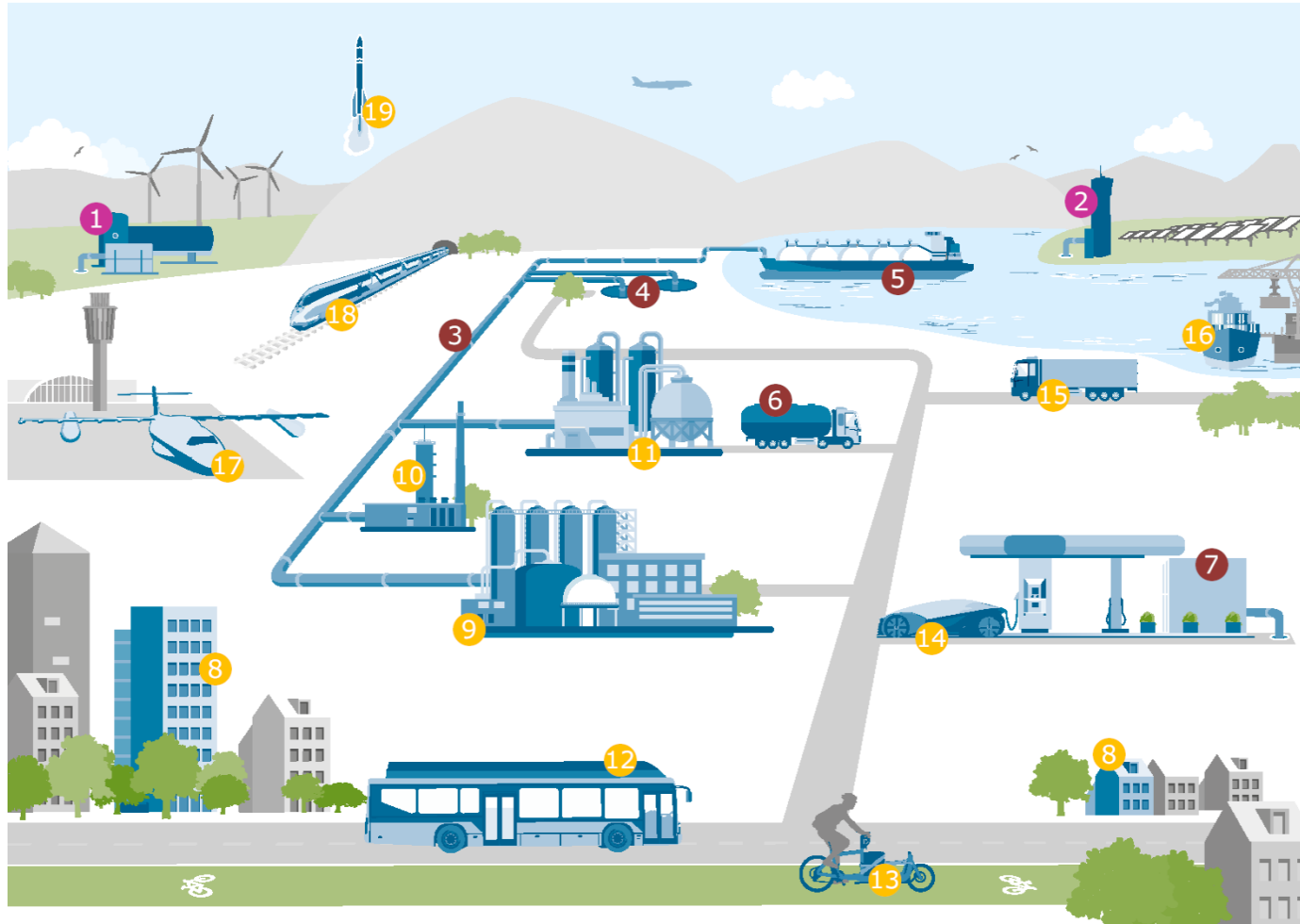


Bewertung:
Verkehrsentwicklung und Umwelt, Ökonomie

DLR Energieforschung: Regelbare nachhaltige Energie



DLR Wasserstoffwelt



Erzeugung

- 1 Elektrolyse
- 2 Solare Wasserstofferzeugung

Transport / Speicherung

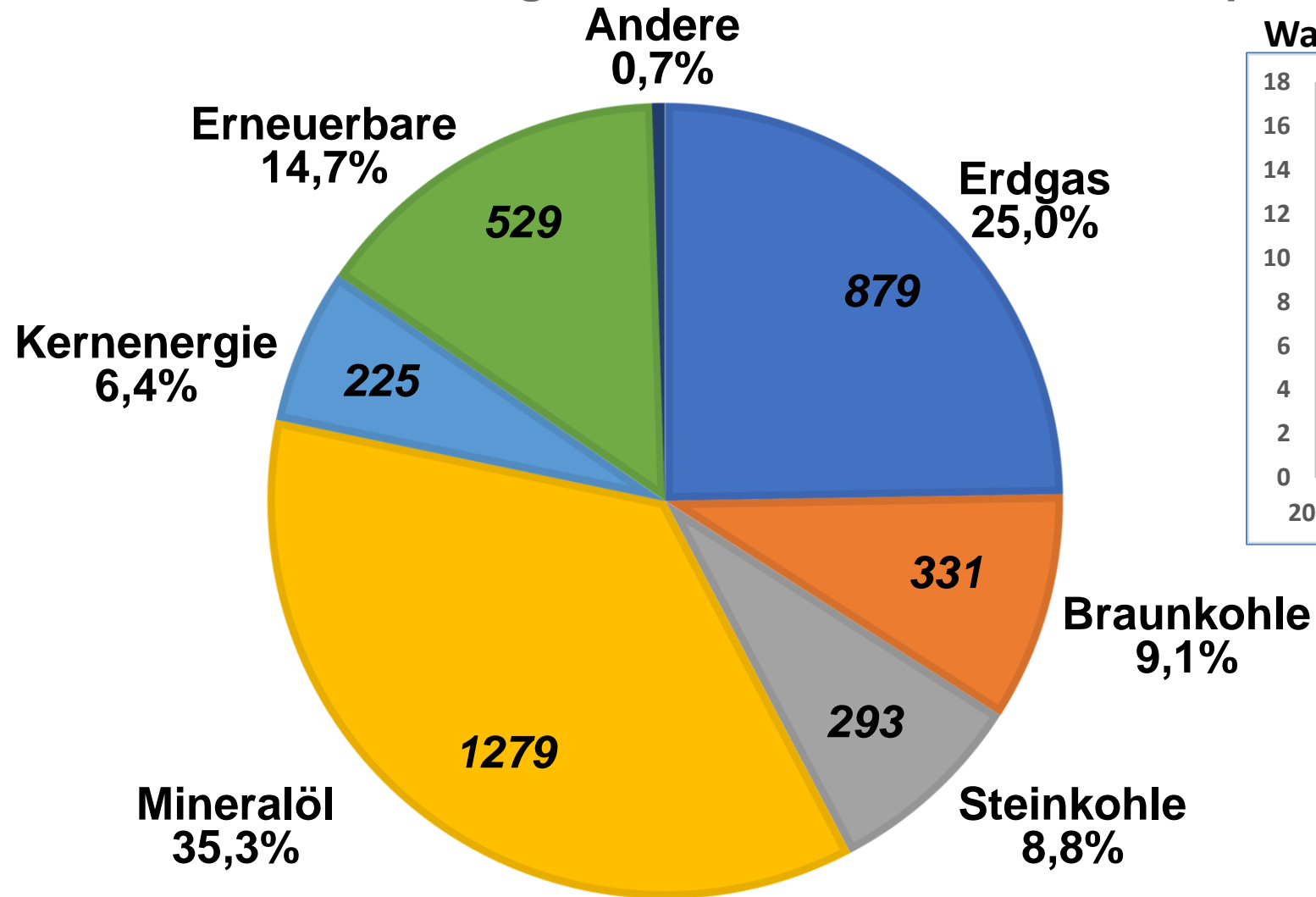
- 3 Pipeline
- 4 Speicherkaverne
- 5 Tankschiff
- 6 Tank-LKW
- 7 Tankstelle

Nutzung

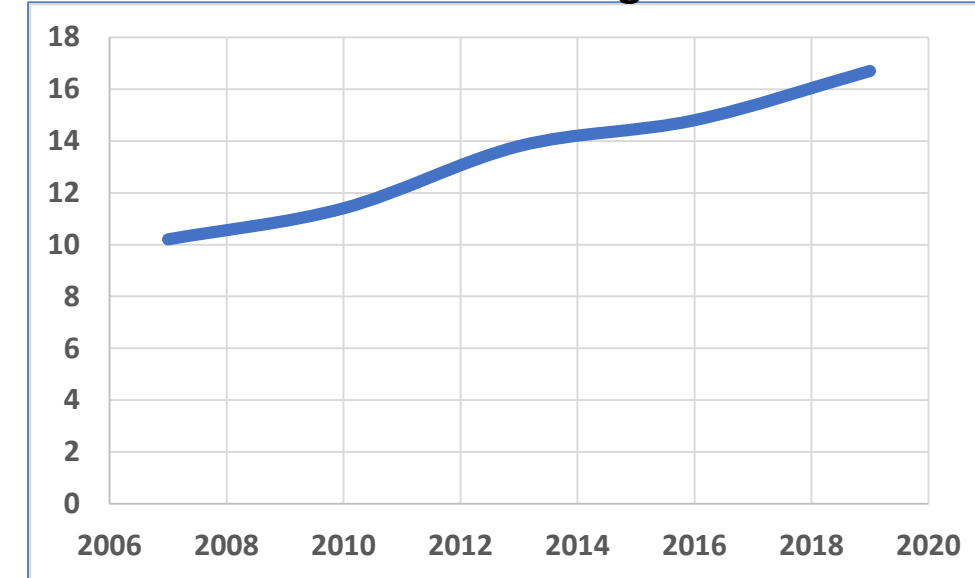
- | | | |
|---------------|--------------|-------------|
| 8 Gebäude | 12 ÖPNV | 16 Schiff |
| 9 Industrie | 13 Lastenrad | 17 Flugzeug |
| 10 Kraftwerk | 14 PKW | 18 Zug |
| 11 Raffinerie | 15 LKW | 19 Rakete |

Energieverbrauch in Deutschland 2019

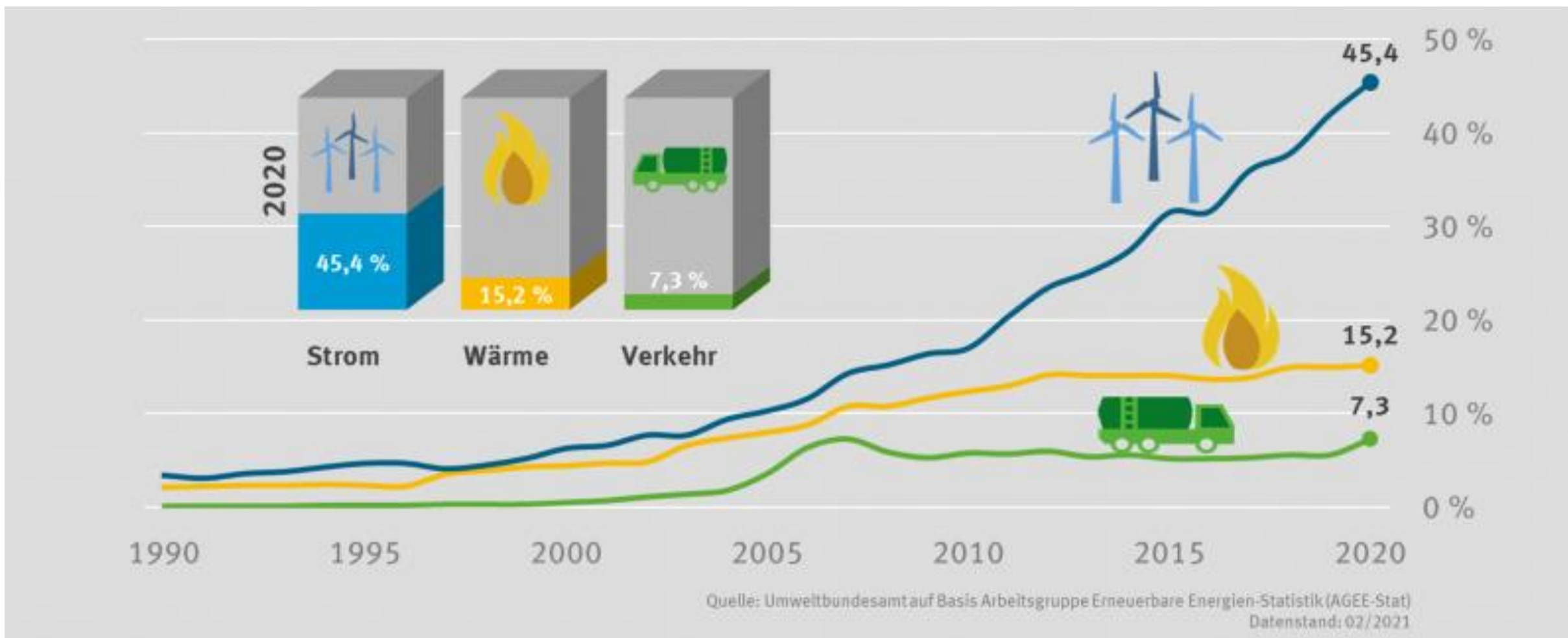
Anteil Erneuerbare Energien mit Wachstum von ca. 0,5% pro Jahr



Wachstum erneuerbare Energien 2007 bis 2019



Erneuerbare Energien: Anteile in den Sektoren Strom, Wärme und Verkehr in Deutschland



European Green Deal

Anteil der Treibhausgasemissionen der Straße am Verkehr: mehr als 70%



Senkung
der Treibhausgas-
missionen des
Verkehrssektors
bis 2050
um 90 %

Basis: 1995



European Green Deal

Senkung der Treibhausgasemissionen des Verkehrs um 90% (Basis:1995)

Wie geht das in Deutschland?



Nachhaltiger Verkehr ist Aufgabe von ALLEN

Muss: Aufklärung, Umdenken und Handeln



European Green Deal

Senkung der Treibhausgasemissionen des Verkehrs um 90% (Basis:1995)

Wie geht das in Deutschland?



Leichtbau

Automatisierte Mobilität, Mobilität als Dienstleistung,
Intelligente Verkehrsmanagementsysteme

Effizienz im Antriebsstrang (z.B. elektrischer Antrieb)

Regenerative Antriebssysteme (Quelle zum Rad)

Nachhaltige Produktion (Wiege zur Wiege)

Muss: 30% bis 42% Energieeffizienzsteigerung im Verkehr



Wind

Sonne (Photovoltaik, Solarthermie)

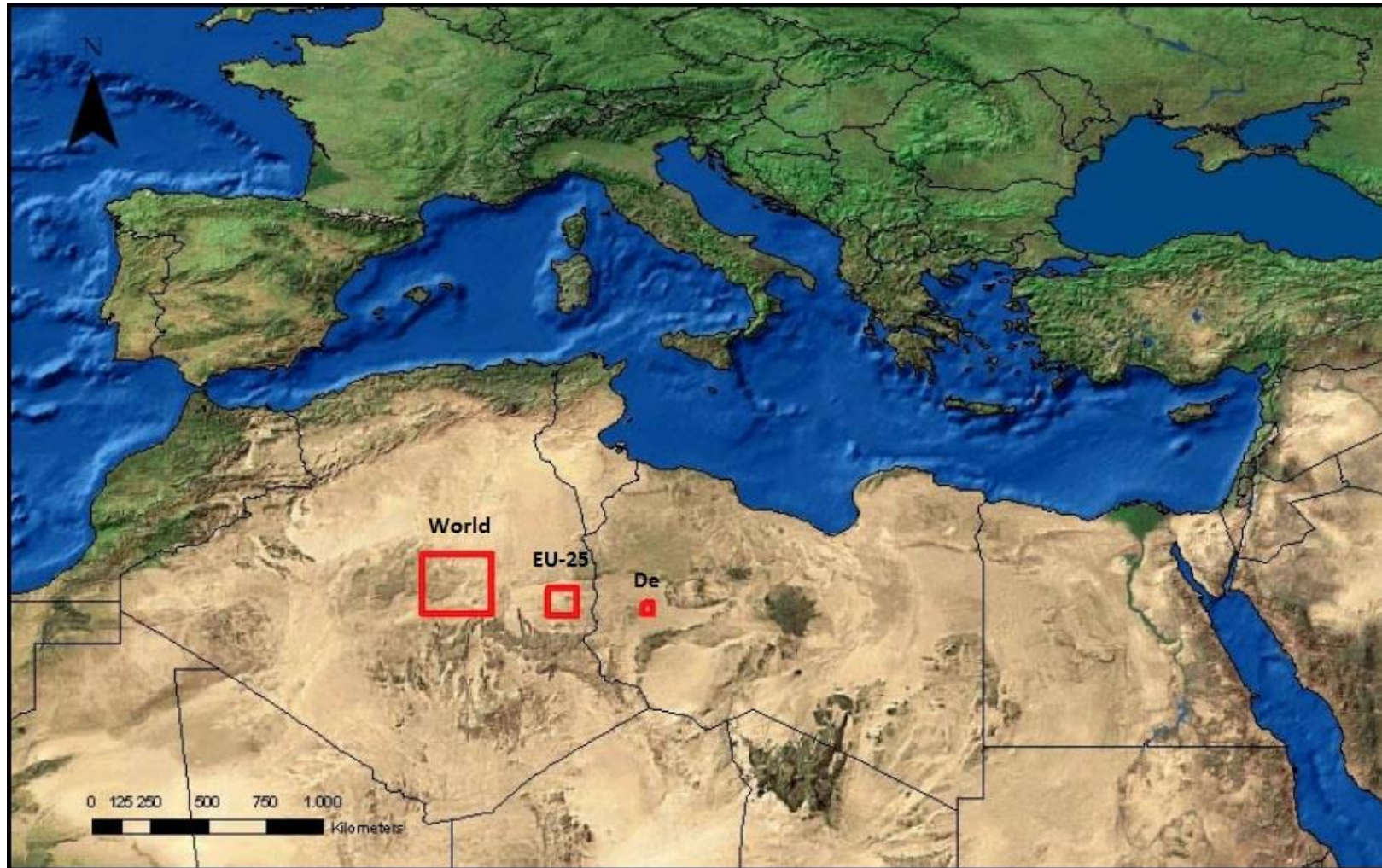
Import (EU - Strom, WW - Wasserstoff)

Muss: 82% bis 85% erneuerbare Energie im Verkehr



Energieimport

Flächenbedarf für solarthermischen Kraftwerke zur Deckung des Energiebedarfs

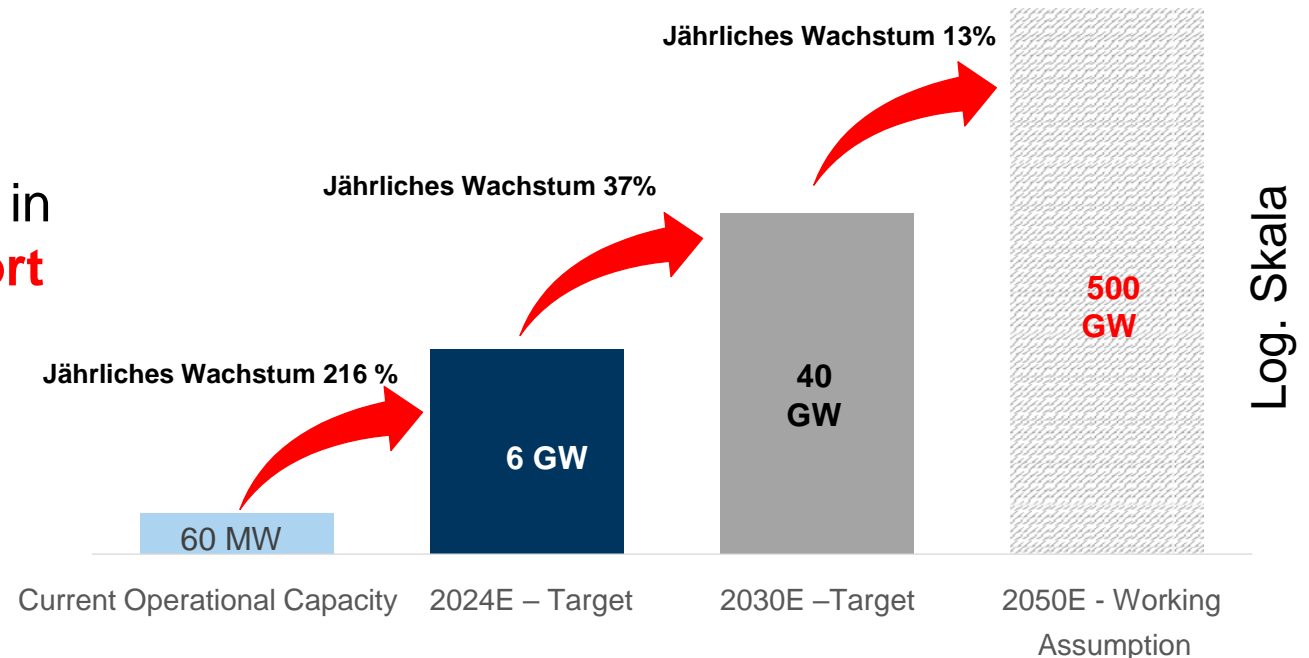


Die dominante Technologie für Grünen Wasserstoff ist die Elektrolyse

- Wasserstoffstrategien in D und EU sehen exponentielles Wachstum der Elektrolysekapazitäten vor
- Ein großer Anteil dieser Kapazitäten werden in Ländern mit günstigen EE errichtet \Rightarrow **Import**

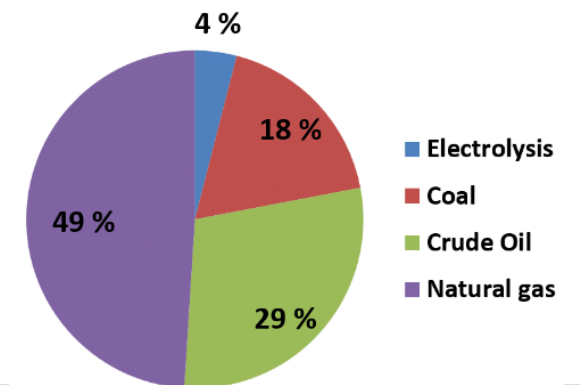
Kontinuierliche Weiterentwicklung der Elektrolysetechnologie erforderlich, u.a.:

- Skalierung und automatisierte Fertigung
- Reduktion der Kosten (CapEx und OpEx)
- Effizienzsteigerung
- Reduktion von kritischen Materialien in PEM-Elektrolyseuren
- Kopplung Festoxid-Elektrolyse mit solarem Dampf**



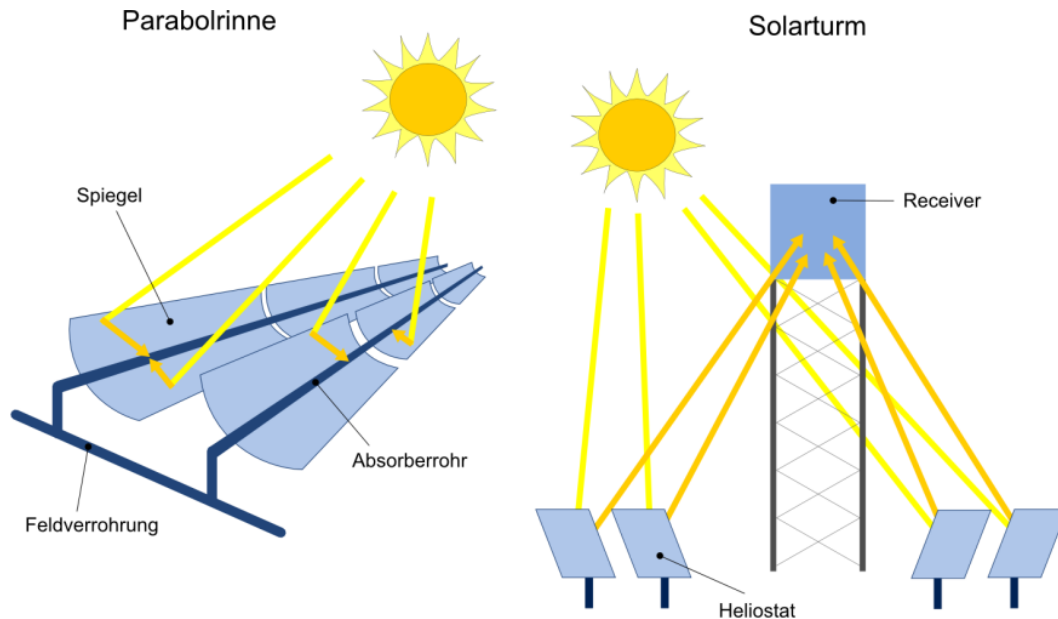
Source: European Commission, IEA, Goldman Sachs Global Invest. Research

Heutige Routen zur Wasserstoffherstellung – dominiert durch fossile Energien



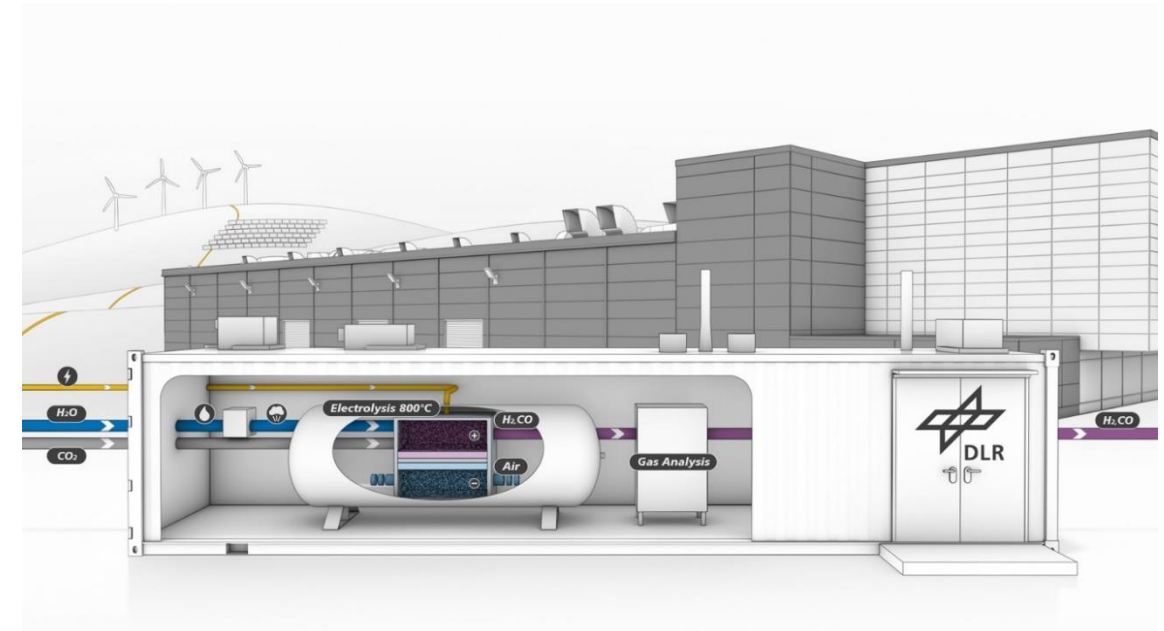
Kombination Solare Dampferzeugung und Festoxid-Elektrolyse

Dampferzeugung mittels konzentrierender Solarstrahlung



- Etablierte Technologie für Solarenergiekonzentration
- Skalierung erprobt
- Wenig Erfahrung in der Kopplung mit Festoxid-Elektrolyse (HT-Elektrolyse)

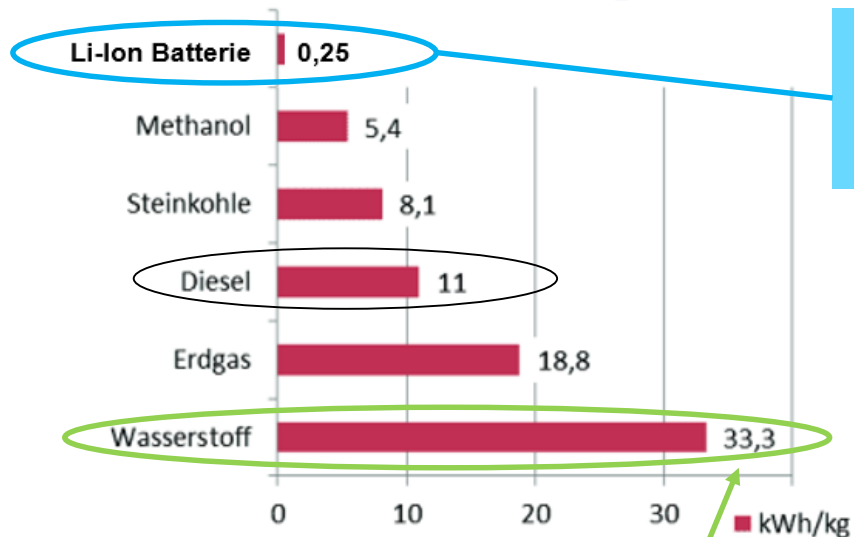
Dampfelektrolyse mittels Festoxidreaktoren



- Technologie bald im MW-Maßstab (Sunfire, SolidPower)
- Hohe Effizienz der H₂-Erzeugung (ca. 90%)
- Optimierung und Skalierung notwendig

Anwendungsspezifische Vorteile der Energieträger für Kraftfahrzeuge

Gravimetrische Energiedichte

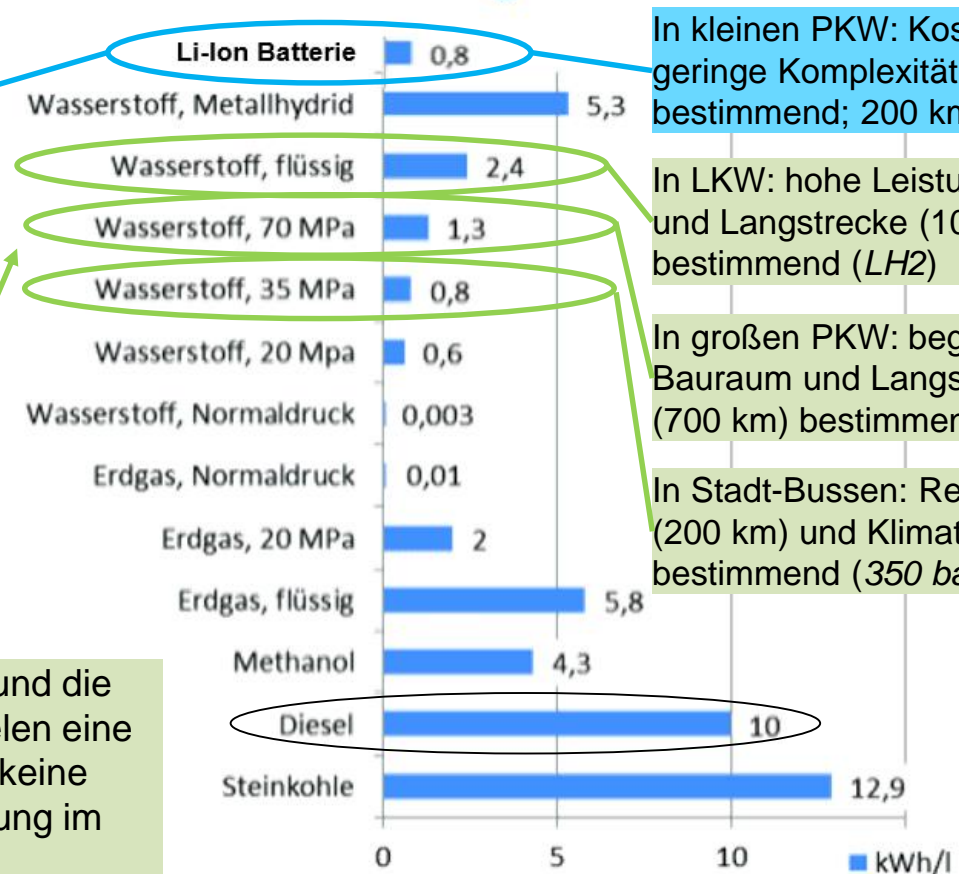


Bei Batterien verringert sich die Reichweite im Winter

Wasserstoff wird aus Gründen der geringsten Umweltbelastung und der höchsten Energiedichten eine wichtige Rolle spielen

Bauraumvolumen und die **Klimatisierung** spielen eine große Rolle (bei BZ keine Reichweitenverkürzung im Winter)

Volumetrische Energiedichte



In kleinen PKW: Kosten und geringe Komplexität bestimmend; 200 km

In LKW: hohe Leistung, Kosten und Langstrecke (1000 km) bestimmend (LH2)

In großen PKW: begrenzter Bauraum und Langstrecke (700 km) bestimmend (700 bar)

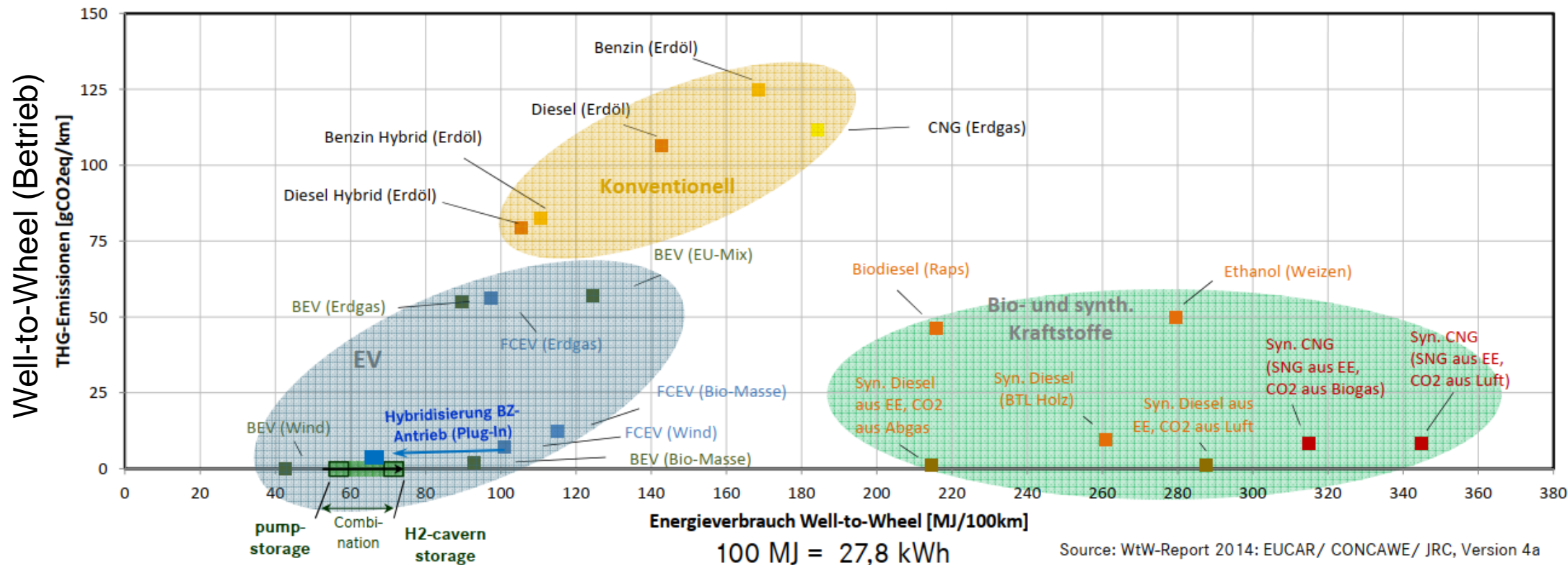
In Stadt-Bussen: Reichweite (200 km) und Klimatisierung bestimmend (350 bar)



Bezüglich Well-to-Wheel Energieeffizienz sind Strom und Wasserstoff den gasförmigen und flüssigen P2X-Kraftstoffen überlegen

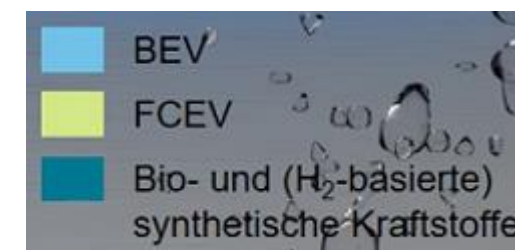
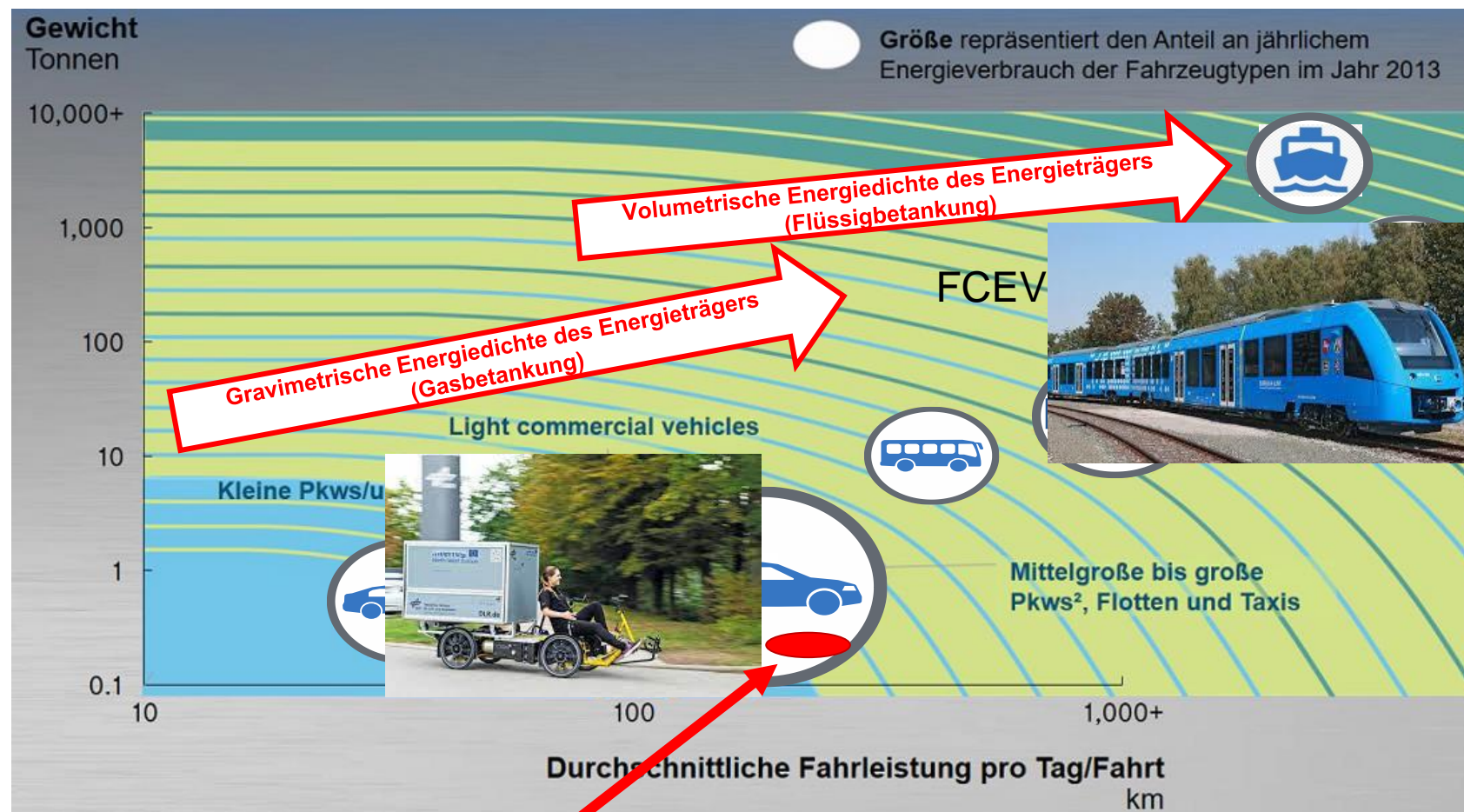
Brennstoffzelle: hohe Reichweite (>400km), kurze Betankungszeit (3 min), Anwendbar für verschiedene Fahrzeugtypen

Batterie: idealer Einsatz in Kompaktfahrzeugen für den Stadtverkehr (200-250km), Aufladung über Nacht



Die notwendige Energie für den Transport bestimmt das Antriebssystem

Wenn die Kosten attraktiv sind



Energie = Kraft x Weg
(Schwerlast und Langstrecke)

Hohe Anforderungen
(Beschleunigung mal Geschwindigkeit mal Zeit)
erfordern hohe Energiedichten der Energieträger

$$[a * v * t] = J/kg$$

1 Batterie-Brennstoffzellen Hybrid für ausreichende Leistung
2 Aufteilung in in A- und B-Segment LDVs (kleine Pkws) und C+-Segment LDVs (mittelgroße bis große Pkws) basierend auf einem Marktanteil von 30% A/B-Segment Pkws und 50% geringerem Energiebedarf.

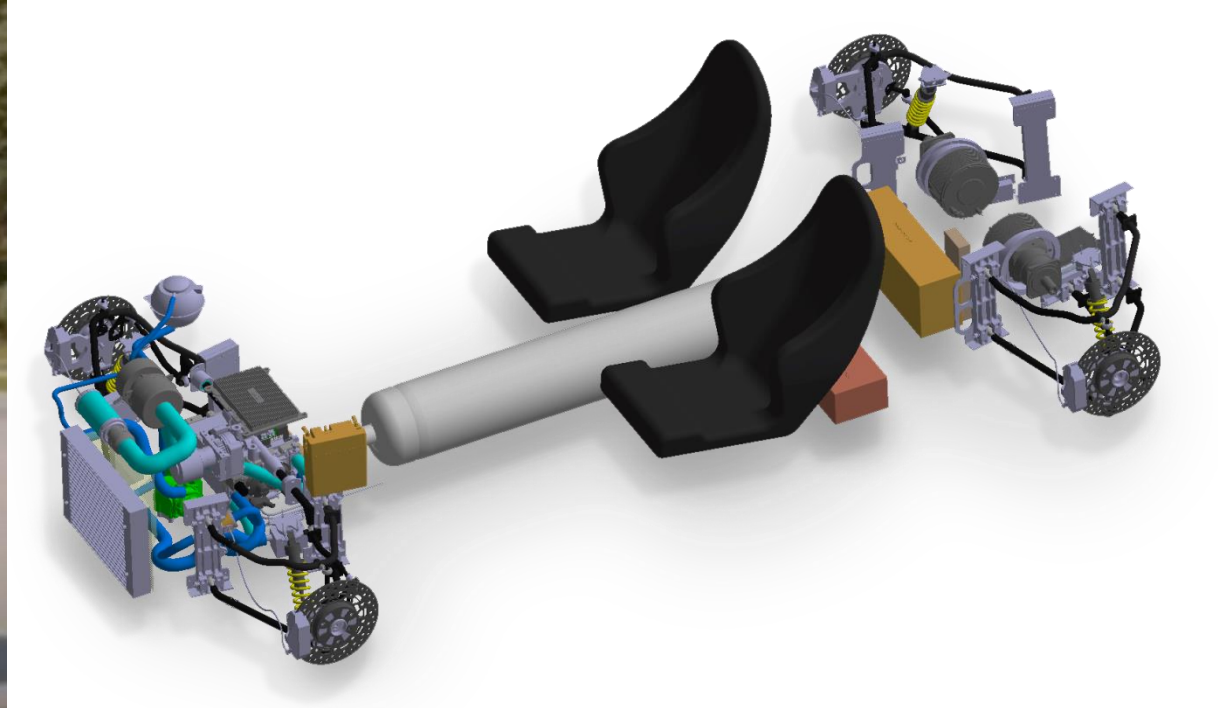
Quelle: Toyota, Hyundai, Daimler

SLRV – Leichtes urbanes, sub-urbanes und Umland Fahrzeug

L7E; SAE-Level 3; Wasserstoffantrieb



Video: <https://www.youtube.com/watch?v=AsS1lh29EMU>



Der Weg zur Wasserstoffmobilität in Deutschland

Prof. Dr.-Ing. Tjark Siefkes
Direktor Institut für Fahrzeugkonzepte

19. Mai 2021
electrive.net



Wissen für Morgen

